

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **89890161.6**

51 Int. Cl.⁴: **C 21 D 1/09**
C 21 D 1/25

22 Anmeldetag: **12.06.89**

30 Priorität: **13.06.88 AT 1517/88**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.12.89 Patentblatt 89/51

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB IT SE

71 Anmelder: **SCHOELLER-BLECKMANN GES. M.B.H.**
Postfach 31 Hauptstrasse 2
A-2630 Ternitz (AT)

72 Erfinder: **Maldet, Franz**
Schwarzauerstrasse 32
A-2624 Breitenau (AT)

Hertner, Erich, Dipl.-Ing.
Hyazinthengasse 7
A-2630 Ternitz (AT)

74 Vertreter: **Haffner, Thomas M., Dr. et al**
Patentanwaltskanzlei Dipl.-Ing. Adolf Kretschmer Dr.
Thomas M. Haffner Schottengasse 3a
A-1014 Wien (AT)

54 **Verfahren zur Herstellung von hochbeanspruchten Teilen mit verschleißfester Oberfläche.**

57 Verfahren zur Herstellung von hochbeanspruchten Teilen mit harter verschleißfester Oberfläche, insbesondere von Werkzeugen aus Warmarbeitsstahl, zur spanlosen Formgebung von Werkstücken mit Temperaturen von über 250°C, bei welchen der aus härtpbarer Stahllegierung bestehende Teil einer Vergütungsbehandlung unterworfen wird, worauf insbesondere in den auf Abrieb bzw. Verschleiß beanspruchten Oberflächenbereichen eine oder mehrere Überlagerungshärtung(en) durch örtliches Erhitzen mit hoher Leistungsdichte auf zumindestens die Austenitisierungstemperatur und ein beschleunigtes Abkühlen unter den Martensitpunkt der Legierung durch im wesentlichen Wärmeableitung in den Teil durchgeführt wird (werden). Teile, die nach obigen Verfahren hergestellt sind und ein Vergütungsgefüge mit hoher Materialzähigkeit aufweisen, welches in Richtung zur Oberfläche in ein martensitisches Gefüge mit hoher Festigkeit und hoher Härte übergeht.

EP 0 347 409 A1

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung von hochbeanspruchten Teilen mit verschleißfester Oberfläche

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von hochbeanspruchten Teilen mit verschleißfester Oberfläche, insbesondere Werkzeuge aus Warmarbeitsstahl, zur spanlosen Formgebung von Werkstücken mit Temperaturen von über 250°C, insbesondere von über 400°C, sowie nach diesem Verfahren hergestellte Teile.

Hochbeanspruchte Bauteile, insbesondere Werkzeuge zur spanlosen Verformung von Werkstücken mit höheren Temperaturen unterliegen im praktischen Gebrauch einsetzbedingt unterschiedlichen Belastungen, welche durchwegs kombinierte Materialbeanspruchungen bestehend aus z.B. Druck, Zug, Biegung, Abrieb bzw. Verschleiß usw. hervorrufen. Um die Gebrauchseigenschaften des Bauteiles oder des Werkzeuges bei der geforderten Arbeitstemperatur zu erreichen, erfolgt eine entsprechende Materialauswahl bzw. eine Verwendung eines härtbaren Stahles, dessen Eigenschaften durch ein aus Härte- und Anlaßbehandlungen bestehendes Vergütungsverfahren einstellbar sind. Die chemische Zusammensetzung des härtbaren Stahles bzw. der Legierung bestimmt dabei das Umwandlungsverhalten bei der Wärmebehandlung. Das letztlich die Eigenschaften des Werkzeuges bewirkende Vergütungsverfahren ist im Hinblick auf die kritische Beanspruchungsart zu wählen. Zusätzlich zu den komplexen Beanspruchungen eines Bauteiles bzw. eines Werkzeuges treten oftmals Temperaturwechselbelastungen durch eine diskontinuierliche Bearbeitung von Werkstücken mit Temperaturen von über 200°C auf, welche thermisch bedingte Spannungen im Werkzeug bewirken, die ebenfalls zu berücksichtigen sind.

So werden beispielsweise auf Biegung und auf Verschleiß beanspruchte Werkzeuge der Bruchgefahr wegen aus zähem Material hergestellt bzw. die härtbare Legierung wird einem eine hohe Zähigkeit bewirkenden Vergütungsverfahren unterworfen. Mit dieser auf diese Legierung abgestimmten Vergütungsbehandlung werden die geforderten Zähigkeitseigenschaften des Werkstoffes erreicht, die gewünschte hohe Härte und die Verschleißfestigkeit des Werkzeuges können jedoch nicht eingestellt werden, so daß dessen Standzeit unbefriedigend ist.

Um bei entsprechender Zähigkeit die Verschleißfestigkeit und die Oberflächenhärte von Werkzeugen, beispielsweise Gesenke sowie Matrizen zum Strangpressen von Aluminium, Kupfer, Stahl bzw. Legierungen mit Vormaterialtemperaturen bis 1280°, zu erhöhen, wurde schon die Verwendung von Verbundwerkstoffen vorgeschlagen. Derartige Werkzeuge, die aus einem zähem Kernmaterial und einer unterschiedlich zusammengesetzten harten verschleißfesten Oberflächenschicht, beispielsweise aus einer Kobaltbasislegierung bestehen, sind jedoch schwierig und aufwendig herzustellen, wobei auch durch die unterschiedlichen Eigenschaften der jeweiligen Materialien, wie Temperaturleitfähigkeit, thermischer Ausdehnungskoeffizient usw. eine vermehrte Bruch- und Rißgefahr an der Verbindungs-

stelle sowie ein Abplatzen der Schicht bewirkt werden kann.

Es wurde schon versucht, durch Nitrier- und Karbonitrierbehandlungen die Verschleißfestigkeit und die Härte der Oberfläche von hochbeanspruchten Teilen zu verbessern. Wegen der hohen Arbeitstemperaturen und der dadurch hervorgerufenen Diffusions- und Anlaßvorgänge waren keine wesentlich höheren Standzeiten erzielbar.

Auch Hartstoffbeschichtungen, z.B. mit Titanitrid, brachten nur in einigen Fällen Standzeitverbesserungen.

Ausgehend von dem Stand der Technik lag der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von hoch beanspruchten Teilen mit harter verschleißfester Oberfläche, insbesondere Werkzeuge aus Warmarbeitsstahl, zur spanlosen Formgebung von Werkstücken mit Temperaturen von über 250°C, insbesondere von über 400°C, zu schaffen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung betraf hochbeanspruchte Teile mit harter verschleißfester Oberfläche, insbesondere Werkzeuge aus Warmarbeitsstahl, zur spanlosen Formgebung von Werkstücken mit Temperaturen von über 250°C, insbesondere von über 400°C.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren dadurch gelöst, daß der Teil aus einer härtbaren Stahlegierung einer Vergütebehandlung, bestehend aus mindestens einer Abkühlung von mindestens der Austenitisierungstemperatur, insbesondere von 1050°C, und ein- oder mehrmaligem Aufwärmen auf Anlaßtemperaturen, insbesondere zwischen 510 und 610°C, unterworfen wird, worauf insbesondere in den auf Abrieb bzw. Verschleiß beanspruchten Oberflächenbereichen bzw. oberflächennahen Zonen eine oder mehrere Überlagerungshärtung(en) durch gegebenenfalls örtliches Erhitzen mit hoher Leistungsdichte auf zumindestens die Austenitisierungstemperatur und ein beschleunigtes Abkühlen des austenitisierten Bereiches bzw. der im austenitischen Zustand der Legierung vorliegenden oberflächennahen Zone unter den Martensitpunkt der Legierung durchgeführt werden. Vorteilhaft ist es, wenn bei der Überlagerungshärtung das Erhitzen der oberflächennahen Zone mit einer Leistungsdichte von mindestens $1 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$ durchgeführt wird und eine Austenitisierung des Gefüges bis zu einer Tiefe von höchstens 8 mm, vorzugsweise höchstens 5 mm, erfolgt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn nach einem Erhitzen der oberflächennahen Zone eine beschleunigte Abkühlung des im austenitischen Gefügestand befindlichen Bereiches unter den Martensitpunkt der Legierung mit hoher Intensität durch im wesentlichen Wärmeableitung in den Teil bzw. durch Wärmeabfuhr durch den Teil erfolgt.

Die Lösung einer weiteren Aufgabe besteht darin, daß der Teil ein Vergütungsgefüge mit hoher Materialzähigkeit aufweist, welches in Richtung zur Oberfläche, insbesondere in den auf Abrieb beanspruchten Bereichen der Oberfläche, in ein marten-

sitisches Gefüge mit hoher Festigkeit und hoher Härte übergeht. Vorteilhaft ist, wenn die Festigkeit und Härte des Übergangsbereiches vom Vergütungsgefüge des Grundmaterials in das martensitische Gefüge der Oberflächennzone, die eine Dicke von mindestens 0,2 mm, vorzugsweise mindestens 0,5 mm, höchstens jedoch 8 mm, vorzugsweise höchstens 5 mm, aufweist, im wesentlichen steigend sind.

In vorteilhafter Weise weist das Vergütungsgefüge eine Festigkeit von 1450 N/mm² bis 1780 N/mm², und eine Härte von 480 HV bis 520 HV, und die Oberfläche bzw. die martensitische oberflächennahe Zone eine Festigkeit von 1800 N/mm² bis 1900 N/mm², und eine Härte von 550 HV bis 650 HV auf.

Teile, die durch ein Erwärmen auf Temperaturen über der Austenitisierungstemperatur und ein Abkühlen unter den Martensitpunkt der Legierung mit nachfolgendem ein- oder mehrmaligen Anlassen vergütet werden, weisen von den Anlaßbedingungen, insbesondere von der Anlaßtemperatur abhängig, bestimmte Festigkeits- und Härtewerte auf, wobei das Vergütungsverfahren vorteilhaft so geführt wird, daß im Übergangsbereich vom Vergütungsgefüge des Grundmaterials in das martensitische Gefüge der oberflächennahen Zone die Werte für den Abfall der Festigkeit höchstens 150 N/mm², vorzugsweise kleiner als 80 N/mm², und die Werte für den Abfall der Härte höchstens 50 HV, vorzugsweise kleiner als 30 HV, betragen, werden diese vergüteten Teile nachfolgend auf Temperaturen im Bereich über der Anlaßtemperatur und unter der Austenitisierungstemperatur wieder erwärmt, so sinken, wie jedem Fachmann bekannt ist, die Festigkeit und Härte des Teiles wesentlich zu niedrigen Werten ab, wobei dieser Materialzustand auch für die spanabhebende Bearbeitung von Werkzeugen ausgenützt wird. Dieser Effekt der entscheidenden Festigkeits- und Härteminderung tritt auch bei der stellenweisen Erwärmung auf Austenitisierungstemperatur mit herkömmlichen Verfahren bei vergüteten Teilen auf, u.zw. in denjenigen Zonen, in welchen Temperaturen im Bereich über der Anlaßtemperatur und unter der Austenitisierungstemperatur herrschen.

Überraschenderweise wurde jedoch festgestellt, daß beim örtlichen Erhitzen auf mindestens die Austenitisierungstemperatur der Legierung des vergüteten Teiles, die Ausbildung dieser Zone geringer Festigkeit und geringer Härte weitgehend vermieden werden kann, wenn die Wärmeeinbringung mit hoher Leistungsdichte und mit nachfolgender intensiver Abkühlung durch im wesentlichen Wärmeableitung in den Teil erfolgt. Die Ursachen dafür sind derzeit noch nicht vollkommen geklärt, sie könnten jedoch in einer Zeitabhängigkeit des Diffusionsvorganges beim Anlassen des Vergütungsgefüges liegen.

An Hand eines Beispiels wird das erfindungsgemäße Verfahren und ein nach diesem Verfahren hergestellter Teil näher beschrieben.

Aus einem Stabstahl mit einer Zusammensetzung in Gew.-% von Kohlenstoff 0,41, Silizium 0,95, Mangan 0,37, Phosphor 0,018, Schwefel 0,012, Chrom 5,01, Molybdän 1,22, Nickel 0,27, Vanadin 1,03, Wolfram 0,05, Rest Eisen und erzeugungsbe-

dingte Verunreinigungen, wurden drei Matrizen für eine Strangpreßanlage gefertigt. Die Matrizen wurden einer Vergütungsbehandlung unterworfen, die aus einer Härtung durch Abkühlung von einer Temperatur von 1050°C bestand, worauf ein erstes Anlassen im Bereich des Sekundärhärtemaximums der Legierung bei einer Temperatur von 510°C, ein zweites Anlassen auf Arbeitshärte bei einer Temperatur von 610°C und ein drittes Anlassen zum Entspannen bei einer Temperatur von 580°C folgte. An zwei Matrizen erfolgte eine gleich ausgeführte Überlagerungshärtung der auf Abrieb beanspruchten Oberflächennzonen durch Laserstrahlerhitzung mit einer Intensität von $3,25 \times 10^3$ W/cm². Die vergütete Matrize und eine Matrize mit Überlagerungshärtung wurden für die Erzeugung von Preßlingen mit gleichem Querschnitt erprobt. Es zeigte sich, daß beim Strangpreßeinsatz im Vergleich mit der vergüteten Matrize diejenige, an welcher zusätzlich eine Überlagerungshärtung durchgeführt wurde, eine wesentlich höhere Standzeit aufwies. Betriebsmäßig wurden durch Überlagerungshärtung Standzeitverbesserungen von Matrizen bis 85% und darüber erzielt. Die metallurischen Erprobung der dritten überlagerungsgehärteten Matrize ergab, daß die Außenzone bis zu einer Tiefe von 3,8 mm ein martensitisches Gefüge aufwies, woran in Richtung Werkzeugkern des Vergütungsgefüge ohne Anlaßbereich anschloß. Die Härteprüfung am Querschnitt des Werkzeuges ergab weiter, daß bis zu einer Tiefe von ca. 3,8 mm Werte von ca. 680 HV vorlagen und daß diese Härtewerte sich in Richtung des Werkzeugkernes auf ca. 500 HV senkten, wobei der niedrigste Härtewert in der Übergangszone mit 495 HV gemessen wurde.

Bei Versuchen wurde festgestellt, daß eine martensitische harte Oberflächenschicht von mindestens 0,2 mm erforderlich ist, um die Verschleißfestigkeit des Teiles wesentlich zu verbessern und daß martensitische Bereiche mit hoher Härte von über 8 mm die Bruchgefahr des Werkzeuges entscheidend erhöhen.

Durch die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wurden ähnliche Verbesserungen der Gebrauchseigenschaften bzw. Erhöhungen der Standzeiten von Strangpreßdornen, Gesenken für das Präzisionsschmieden usw. erreicht.

50 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von hochbeanspruchten Teilen mit harter und verschleißfester Oberfläche, insbesondere von Werkzeugen aus Warmarbeitsstahl, zur spanlosen Formgebung von Werkstücken mit Temperaturen von über 250°C, insbesondere von über 400°C, dadurch gekennzeichnet, daß der Teil aus einer harten Stahllegierung einer Vergütebehandlung, bestehend aus mindestens einer Abkühlung von mindestens der Austenitisierungstemperatur, insbesondere von 1050°C, und ein- oder mehrmaligen Aufwärmen auf Anlaßtemperatur(en), insbesondere zwischen 510 und 610°C, unterworfen wird, worauf insbesondere in den

auf Abrieb bzw. Verschleiß beanspruchten Oberflächenbereichen bzw. oberflächennahen Zone eine oder mehrere Überlagerungshärtung(en) durch gegebenenfalls örtliches Erhitzen mit hoher Leistungsdichte auf zumindest die Austenitisierungstemperatur und ein beschleunigtes Abkühlen des austenitisierten Bereiches bzw. der im austenitischen Zustand der Legierung vorliegenden oberflächennahen Zone unter den Martensitpunkt der Legierung durchgeführt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Überlagerungshärtung das gegebenenfalls örtliche Erhitzen der oberflächennahen Zone des Teiles mit einer Leistungsdichte von mindestens $1 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$ durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Überlagerungshärtung eine Austenitisierung des Gefüges bis zu einer Tiefe von höchstens 8 mm, vorzugsweise höchstens 5 mm, durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem Erhitzen der oberflächennahen Zone eine Abkühlung des im austenitischen Gefügestand befindlichen Bereiches unter den Martensitpunkt der Legierung mit hoher Intensität durch im wesentlichen Wärmeableitung in den Teil bzw. durch Wärmeabfuhr durch den Teil erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Erhitzen mittels Laser-, Elektronen- oder Plasmastrahls durchgeführt wird.

6. Hochbeanspruchte Teile mit harter verschleißfester Oberfläche, insbesondere Werkzeuge aus Warmarbeitsstahl, zur spanlosen Formgebung von Werkstücken mit Temperaturen von über 250°C , insbesondere von über 400°C , dadurch gekennzeichnet, daß der Teil ein Vergütungsgefüge mit hoher Materialzähigkeit aufweist, welches in Richtung zur Oberfläche, insbesondere in den auf Abrieb beanspruchten Bereichen der Oberfläche, in ein martensitisches Gefüge mit hoher Festigkeit und hoher Härte übergeht.

7. Teile nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Festigkeit und die Härte des Übergangsbereiches vom Vergütungsgefüge des Grundmaterials in das martensitische Gefüge der Oberflächenzone im wesentlichen steigend sind.

8. Teile nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die martensitische harte Oberflächenschicht mit hoher Festigkeit eine Dicke von mindestens 0,2 mm, vorzugsweise mindestens 0,5 mm, und höchstens 8 mm, vorzugsweise höchstens 5 mm, aufweist.

9. Teile nach Anspruch 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Vergütungsgefüge eine Festigkeit von 1450 N/mm^2 bis 1780 N/mm^2 , und eine Härte von 480 HV bis 520 HV, und die Oberfläche bzw. die martensitische oberflächennahe Zone eine Festigkeit von 1800 N/mm^2 bis 1900 N/mm^2 , und eine Härte von 550

HV bis 650 HV, aufweisen.

10. Teile nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Übergangsbereich vom Vergütungsgefüge des Grundmaterials in das martensitische Gefüge der oberflächennahen Zone die Werte für den Abfall der Festigkeit höchstens 150 N/mm^2 , vorzugsweise kleiner als 80 N/mm^2 , und die Werte für den Abfall der Härte höchstens 50 HV, vorzugsweise kleiner als 30 HV, betragen.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
A	HTM - HÄRTEREI-TECHNISCHE MITTEILUNGEN, Band 43, Nr. 2, März/April 1988, Seiten 103-111, Carl Hanser Verlag, München, DE; S. PANZER et al.: "Härten von Oberflächen mit Elektronenstrahlen" * Seite 3, linke Spalte, Zeilen 18-21; Seite 3, rechte Spalte, Zeilen 27-36, 57-60 * ---	1,3-8	C 21 D 1/09 C 21 D 1/25
A,P	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 13, Nr. 156 (C-585)[3504], 14. April 1989; & JP-A-63 312 914 (BROTHER IND. LTD) 21-12-1988 * Zusammenfassung * ---	1,3-8	
A	JOURNAL OF METALS, Band 35, Nr. 5, Mai 1983, Seiten 18-26, Warrendale, Pennsylvania, US; J. MAZUMDER: "Laser heat treatment: The state of the art" * Seite 18, Zeilen 45-50; Seite 21, Zeilen 14-16 * ---	2	
A	DESIGN ENGINEERING, Oktober 1987, Seiten 47,48,50,54, London, GB; "Industrial lasers making light work" * Seite 50, mittel Spalte, Zeilen 30-52; Seite 50, rechte Spalte, Zeilen 1-3 * ---	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4) C 21 D
A	WELDING INTERNATIONAL, Band 2, Nr. 2, 1988, Seiten 180-183, Abington, Cambridge, GB; M. MÜLLER et al.: "Surface hardening by electron beam" --- -/-		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 21-09-1989	Prüfer WITTBLAD U.A.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
A	HÄRTEREI-TECHNISCHE MITTEILUNGEN (HTM), Band 42, Nr. 2, März/April 1987, Seiten 83-89, Carl Hanser Verlag, München, DE; J. RUGE et al.: "Untersuchungen zum Elektronenstrahl-Randschichthärten von Warmarbeitsstahl" ---		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 3, Nr. 75 (C-50), 27. Juni 1979, Seite 150 C 50; & JP-A-54 526 625 (TOKYO SHIBAURA DENKI K.K.) 25-04-1979 ---		
A	EP-A-0 001 889 (SCI AKY BROS.) ---		
A	DE-A-2 940 127 (COHERENT INC.) -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 21-09-1989	Prüfer WITTBLAD U.A.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			